

Akta Agrosia

Telah Diakreditasi

Vol. 11 No.1 Januari - Juni 2008

DAFTAR ISI

Soybean Root-Tip-Cell Mitosis under the Influence of Aqueous Extracts of Three Weed Species. (Irawati Chaniago, A. Taji, P. Kristiansen and R. Jessop)	1
Pengaruh Jamur Mikoriza Arbuskula terhadap Pertumbuhan Tanaman Selasih (<i>Ocimum sanctum</i> L.). (Reni Mayerni dan Dini Hervani)	7
Potensi Kompos dan Pupuk Kandang untuk Produksi Padi Organik di Tanah Inceptisol. (Achmad Iqbal)	13
Kajian Konsentrasi Zat Pengatur Tumbuh 2,4-D terhadap Viabilitas, Vigor dan Pertumbuhan Benih pada Beberapa Genotipe Tanaman Jarak Pagar (<i>Jatropha curcas</i> Linn.). (Fiana Podesta, Umni Kalsum dan Eviani Mareza)	19
Pengaruh Perlakuan Suhu dan Waktu Pemanasan Benih terhadap Perkecambahan Kopi Arabika (<i>Coffea arabica</i>). (Ardian)	25
Genotypic Variation in Mung Beans Possessing Different Seed Coat Characteristic for Resistance to Incubator Weathering. (Marwanto)	34
Incidence of Soybean Pod Borer on Groundnut (<i>Arachis hypogea</i> L.) in Bengkulu. (Dwinardi Apriyanto, Sriwidodo and Priyatiningsih)	41
Gulma Tusuk Konde (<i>Wedelia trilobata</i>) dan Kirinyu (<i>Chromolaena odorata</i>) sebagai Pupuk Organik pada Sawi (<i>Brassica chinensis</i> L.). (Nanik Setyowati, Uswatun Nurjanah dan Devi Haryanti)	47
Induksi Mutasi Melalui Iradiasi Sinar Gamma terhadap Benih untuk Meningkatkan Keragaman Populasi Dasar Jagung (<i>Zea mays</i> L.). (Catur Herison, Rustikawati, Sujono H. Sutjahjo dan Syarif Iis Aisyah)	57
Plant Regeneration from Leaf Blade Explants of Horseradish (<i>Amoracia rusticana</i> L.) through <i>In Vitro</i> Culture. (Erwin Yuliadi)	63
Identifikasi Molekuler Begomovirus Penyebab Penyakit Kering Kuning pada Tanaman Tomat di Jawa Tengah. (Sedyo Hartono)	69
Sustainability of Induced Systemic Resistance by Vesikular Arbuskular Mycorrhizae <i>Glomus</i> sp. in Tomato Plant Against <i>Fusarium oxysporum</i> . (Sadianti E., Mucharromah and H. Gusmara)	75
Korelasi Aktivitas Enzim Nitrat Reduktase dan Pertumbuhan Beberapa Genotipe Tanaman Jarak Pagar (<i>Jatropha curcas</i> Linn.) yang Diperlakukan dengan Zat Pengatur Tumbuh 2,4-D. (Krisna Delita, Evriani Mareza dan Umni Kalsum)	80
Serangan Cendawan Pascapanen pada Biji Kopi di Tingkat Petani dan Pedagang Pengumpul di Propinsi Bengkulu. (Alvi Yani)	87



PERAGI

Jurnal Akta Agrosia telah diakreditasi melalui Keputusan Direktur Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional Republik Indonesia dengan Nomor : 26/DIKTI/Kep/2005

Induksi Mutasi Melalui Iradiasi Sinar Gamma terhadap Benih untuk Meningkatkan Keragaman Populasi Dasar Jagung (*Zea mays* L.)

*Mutation Induction by Gamma Irradiation on Seeds to Increase Base Population Variance of Maize (*Zea mays* L.)*

Catur Herison¹, Rustikawati¹, Sujono H. Sutjahjo² dan Syarifah Iis Aisyah²

¹ Program Studi Agronomi Fakultas Pertanian Universitas Bengkulu

² Departemen Agrohort, Fakultas Pertanian, IPB Jl Raya Darmaga, Bogor 16680
Jl Raya Kandang Limun, Bengkulu 38371

catur_herison@yahoo.com; tika_ngrh@yahoo.com

ABSTRACT

Base population variance is very important in maize breeding program. Mutation induction by gamma irradiation was known to increase population variance in many plant. The objective of this research was to study population respons of several maize inbred lines to gamma irradiation. The research was conducted in two consecutive steps, i.e. determination of LD₅₀ and gamma irradiation experiment. The result showed that early growth respon patern to irradiation were varied line to line. Radiosensitiveness were also varied among inbred lines indicated by the LD₅₀ ranging from 97 Gy to 424 Gy. Base population variance increase tremendously due to gamma irradiation at LD₅₀. Leaf number, leaf length, and leaf width variance increase in the range of 30% - 80% and plant height variance increase 250% - 1300% among lines.

Keyword: population variance, maize, gamma irradiation

PENDAHULUAN

Jagung merupakan salah satu komoditas strategis yang ekonomis dan berpeluang besar untuk dikembangkan sebagai bahan baku produk pangan lain. Jagung termasuk sumber utama karbohidrat dan protein, setelah beras. Jagung juga merupakan salah satu bahan baku industri pakan ternak yang paling banyak dibutuhkan akhir-akhir ini. Pada tahun-tahun mendatang kebutuhan akan jagung terus meningkat sejalan dengan meningkatnya laju pertumbuhan penduduk dan meningkatnya kebutuhan pakan ternak.

Perkembangan produksi jagung di Indonesia selama lima tahun terakhir mengalami peningkatan cukup berarti. Produksi jagung tahun 2004 dan 2005 meningkat berturut-turut sebesar 3,11 dan 4,56% (BPS, 2005). Namun demikian, peningkatan produksi jagung yang telah dicapai masih belum dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri sehingga hingga saat ini Indonesia masih mengimpor jagung dalam jumlah besar.

Produksi jagung dapat ditingkatkan melalui perubahan varitas yang ditanam petani dari varitas lokal ke varitas komposit atau hibrida unggul yang memiliki produktivitas tinggi dan adaptif terhadap lingkungan tercekam. Perakitan kultivar seperti itu dapat dilakukan seleksi terhadap populasi dasar yang beragam yang dilanjutkan dengan hibridisasi. Peningkatan keragaman populasi dasar dapat dilakukan salah satunya melalui induksi mutasi secara fisik dengan iradiasi sinar gamma (Micke and Donini, 1993; Duncan *et al.* 1995). Mutasi dapat disebut sebagai perubahan materi genetik pada tingkat genom, kromosom dan DNA atau gen sehingga menyebabkan terjadinya keragaman genetik (Soeranto, 2003). Dari sejumlah mutan yang dihasilkan terdapat peluang untuk mendapatkan genotipe yang lebih baik daripada plasma nutfah asal.

Pada tanaman sorgum, induksi mutasi fisik dengan iradiasi sinar gamma terhadap benih telah berhasil meningkatkan keragaman genetik tanaman sorgum (Soeranto, 2006). Beberapa

kultivar tanaman pangan seperti padi tahan wereng dan bercak daun, kacang merah toleran kekeringan dan bercak cercospora BATAN (1996), dan beberapa genotipe tanaman hias (P3TIR BATAN 2000) yang diseleksi dari mutan hasil induksi iradiasi sinar gamma.

Keberhasilan upaya iradiasi untuk meningkatkan keragaman populasi sangat ditentukan oleh radiosensitivitas genotipe yang diiradiasi. Tingkat sensitivitas tanaman sangat bervariasi antarjenis tanaman dan antargenotipe (Banerji and Datta 1992). Radiosensitivitas dapat diukur berdasarkan nilai LD_{50} (*lethal dose 50*) yaitu dosis yang menyebabkan kematian 50% populasi tanaman. Dalam induksi mutasi, beberapa studi menunjukkan bahwa dosis optimum yang dapat menghasilkan mutan terbanyak biasanya terjadi di sekitar LD_{50} (Ibrahim 1999). Selain dengan LD_{50} , radiosensitivitas juga dapat diamati dari adanya hambatan pertumbuhan atau letalitas, mutasi somatik, patahan kromosom, serta jumlah dan ukuran kromosom (Datta 2001).

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari tingkat radiosensitivitas 9 genotipe jagung terhadap radiasi sinar gamma, dan mempelajari peningkatan keragaman populasi akibat iradiasi sinar gamma pada dosis sekitar LD_{50} pada generasi M0, generasi tetua yang diiradiasi.

METODE PENELITIAN

Iradiasi sinar gamma terhadap benih dilakukan di Laboratorium Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Isotop dan Radiasi (P3TIR) Badan Tenaga Atom Nasional (BATAN) Pasar Jumat, Jakarta. Penanaman biji setelah diiradiasi dilakukan di Kebun Percobaan IPB Leuwikopo, Darmaga. Penelitian dilakukan mulai bulan Juni sampai November 2007.

Bahan tanaman yang digunakan adalah benih 9 galur murni jagung yang meliputi G1 (Pool 4 S3-29-4-4), G2 (Pool 5 S3-47-2), G3 (Sw92D343L4DMR PC3S4-56), G4 (S1/488/1), G5 (SgPD/645/15), G6 (S4/169/4), G7 (SgP/k/T1/64/22), G8 (SgPD/660/15), G9 (SgP/K/T1/78/22) dan G10 (SgPD/620/15). Galur murni tersebut diperoleh dari Balai Penelitian Bioteknologi dan Genetika (Balitbiogen), Bogor. Sumber sinar gamma yang digunakan adalah ^{60}Co .

Penelitian dilakukan dalam dua tahap, yaitu penentuan LD_{50} untuk mempelajari radiosensitivitas beberapa galur jagung dan induksi mutasi untuk meningkatkan keragaman populasi sebagai bahan pemuliaan tanaman jagung.

Penentuan LD_{50}

Percobaan disusun mengikuti rancangan acak lengkap (RAL) dengan dua faktor. Faktor pertama adalah galur murni jagung, dan faktor kedua adalah dosis iradiasi, yang terdiri atas 9 taraf, yaitu 0, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 450 dan 500 gray (Gy). Jadi pada percobaan ini terdapat 81 kombinasi perlakuan, dan setiap kombinasi perlakuan digunakan 30 butir benih. Sembilan taraf dosis tersebut digunakan untuk mempelajari pola respon galur terhadap iradiasi sinar gamma dan menentukan nilai LD_{50} .

Besarnya dosis iradiasi yang diberikan merupakan fungsi dari waktu dan laju dosis yang dimiliki *gamma chamber* saat perlakuan, dengan rumus: dosis = waktu x laju dosis (*Manual book for Irradiator Gamma Chamber 4000A*, type Irpasena, India). Besarnya laju dosis dalam *gamma chamber* berubah dari waktu ke waktu, tergantung pada waktu paruhnya. Menggunakan laju dosis yang telah diketahui, maka dosis iradiasi dapat ditentukan berdasarkan waktu pemaparan. Setelah dilakukan iradiasi, benih ditanam dan diamati persentase kematian tanaman di lapang.

Untuk mendapatkan nilai *Lethal Dosis 50* (LD_{50}), digunakan program *curve-fit analysis*, yaitu suatu program analisis statistik yang dapat digunakan untuk mencari model persamaan terbaik (Finney, 2005). Analisis statistika pada program ini merupakan penggabungan antara "*data-driven analysis*" dan "*model-driven analysis*" sehingga model persamaan matematika yang diperoleh dari pola kematian populasi galur-galur jagung tidak harus sama antar galur yang satu dengan galur lainnya. Hanya model dengan nilai koefisien korelasi (r) tertinggi yang digunakan pada penelitian ini. Model-model yang digunakan tersebut adalah linier, quadratic fit, dan polinomial fit.

Induksi Mutasi

Percobaan dilakukan mengikuti rancangan acak lengkap (RAL) dengan galur sebagai

perlakuan dengan tiga ulangan. Masing-masing galur digunakan 60 biji untuk diiradiasi menggunakan dosis LD_{50} . Sebagai pembanding digunakan juga kontrol (tanpa iradiasi).

Percobaan ini dilakukan dengan teknik budidaya intensif supaya variabel pertumbuhan dan hasil dapat diamati secara optimal. Persiapan lahan dilakukan dengan cara pengemburan lahan dengan pencangkulan dua kali buat bedengan dan disebar pupuk kandang dengan dosis 10 ton ha^{-1} , diaduk dan kemudian diratakan. Lahan dibiarkan selama dua minggu untuk memberikan reaksi pupuk kandang, baru kemudian ditanami. Setiap galur ditanam dalam baris dengan jarak tanam 25 cm dan jarak antar baris 100 cm, pada masing-masing ulangan. Benih ditanam satu biji per lubang pada lubang tanam yang telah diberi furadan. Pemeliharaan tanaman dilakukan dengan penyiraman setiap dua hari sekali jika tidak turun hujan, serta penyemprotan insektisida dan fungisida setiap dua minggu sekali. Pengendalian gulma dilakukan intensif 2 minggu sekali pada bulan pertama dan kedua selanjutnya jika diperlukan. Pengamatan dilakukan pada umur 5 mst terhadap karakter vegetatif yang meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, panjang daun dan lebar daun. Selain

itu juga diamati secara visual abnormalitas tanaman karena pengaruh iradiasi.

Analisis data dilakukan dengan analisis koefisien keragaman untuk mengukur tingkat keragaman populasi pada masing-masing galur, baik pada populasi yang diiradiasi maupun kontrol sebagai pembanding.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan Lethal Dosis (LD_{50})

Dari sembilan galur yang diteliti, umumnya galur-galur jagung masih mampu berkecambah dan tumbuh baik sampai pada tingkat iradiasi 100 Gy. Pada tingkat iradiasi yang lebih tinggi maka pola respon setiap galur tidak sama. Berdasarkan analisis *Curve-fit* menggunakan program aplikasi *Data Fit ver. 8.2 Okdale Engineering*, pada kisaran dosis hingga 450 Gy, galur G1, G2, G4, G5, G6, dan G9 menunjukkan pola respon linier negatif, galur G7 dan G8 kuadratik; sedangkan G3 polinomial orde tiga. Berdasarkan persamaan matematik tersebut maka dapat diduga nilai LD_{50} yaitu nilai X untuk $Y = 50\%$. Persamaan matematik dan hasil penghitungan LD_{50} disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. LD_{50} beberapa galur jagung akibat iradiasi sinar gamma terhadap benih

Galur	Model	Persamaan	r	LD_{50} (Gy)
G1	$Y = a + bX$ (linier)	$Y = 104,364 - 0,2327X$	0,7596	237,594
G2	$Y = a + bX$ (linier)	$Y = 99,2727 - 0,2012X$	0,7824	245,455
G3	$Y = a + bX + cX^2 + dX^3$, (polinomial fit)	$Y = 98,951 - 0,02424X + 0,00248X^2 + 0,00017X^3$	0,8624	424,819
G4	$Y = a + bX$ (linier)	$Y = 99,4545 - 0,0506X$	0,9084	295,858
G5	$Y = a + bX$ (linier)	$Y = 106,4055 - 0,9041181X$	0,7746	97,9317
G6	$Y = a + bX$ (linier)	$Y = 89,818182 - 0,20363636X$	0,8422	198,113
G7	$Y = a + bX + cX^2$ (quadratic fit)	$Y = 100,25175 + 0,1933333X + 0,000909X^2$	0,9401	344,465
G8	$Y = a + bX + cX^2$ (quadratic fit)	$Y = 85,4545 - 0,53177933X + 0,0031188811X^2$	0,7796	330,953
G9	$Y = a + bX$ (linier)	$Y = 110,18182 - 0,24969697X$	0,8535	241,019

Tabel 2. Nilai koefisien keragaman (CV) karakter vegetatif galur jagung umur 5 mst pada kontrol dan iradiasi sinar gama pada LD₅₀

Galur	Kontrol				Iradiasi LD ₅₀			
	Jumlah daun	Panjang daun	Lebar daun	Tinggi tanaman	Jumlah daun	Panjang daun	Lebar daun	Tinggi tanaman
G1	9,77	8,64	8,42	2,82	14,05	12,14	13,74	19,15
G2	9,81	9,37	9,20	1,27	15,94	25,37	18,03	19,21
G3	10,78	7,56	9,97	2,24	13,62	19,96	14,06	23,94
G4	9,04	6,90	11,35	1,49	16,99	17,60	18,86	24,04
G5	10,07	7,45	10,33	1,14	14,43	19,92	15,91	20,35
G6	12,88	5,49	11,99	5,31	19,61	14,00	17,42	18,59
G7	12,26	7,76	11,47	2,29	20,67	21,04	16,25	27,90
G8	10,42	6,58	18,57	1,85	18,40	18,56	16,48	28,04
G9	10,64	5,27	9,19	4,40	18,60	20,32	16,86	22,29



Gambar 1. Visualisasi pertumbuhan abnormal tanaman jagung akibat iradiasi sinar gamma.

Hasil analisis menunjukkan bahwa kirasaran LD₅₀ untuk iradiasi terhadap benih pada tanaman jagung cukup lebar, yaitu antara 90-424 Gy iradiasi sinar gamma. Tampak bahwa secara genetik, tingkat radiosensitivitas antargalur tersebut berbeda-beda. Galur G3 merupakan genotipe dengan tingkat radiosensitivitas yang paling rendah terhadap sinar gamma (LD₅₀ 424 Gy), sedangkan galur G5 merupakan genotipe yang paling sensitif terhadap sinar gamma (LD₅₀ 97 Gy).

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi tingkat radiosensitivitas suatu tanaman terhadap iradiasi. Secara fisik, bentuk morfologi bahan tanaman dapat mempengaruhi ketahanan fisik sel saat menerima iradiasi sinar gamma. Selain itu juga faktor biologis seperti faktor genetik, dan juga faktor lingkungan seperti oksigen, kadar air, penyimpanan pasca iradiasi dan suhu (Ahnstroem 1977). Broertjes and van Harten (1988) menyatakan bahwa semakin banyak

kadar oksigen dan molekul air (H₂O) berada dalam materi yang diradiasi, maka semakin banyak pula radikal bebas yang terbentuk sehingga menjadi semakin sensitif.

Induksi Mutasi

Keragaman Awal Populasi Galur Inbred. Keseragaman dalam galur sangat penting dalam program pemuliaan tanaman sebagai indikator keseragaman konstitusi genetik antar tanaman dalam satu galur. Bila galur murni tersebut dibuat melalui selfing tiap individu tanaman, maka keseragaman tersebut dapat juga merupakan indikator kehomozigositasan tiap lokus gen pengendali karakter yang dipelajari.

Hasil analisis ragam menggunakan koefisien variasi fenotipik dapat dilihat bahwa galur-galur yang diuji memiliki tingkat keseragaman yang tinggi untuk karakter vegetatif, generatif dan komponen hasil. Koefisien keragaman yang diperoleh pada setiap galur untuk

karakter-karakter tersebut pada umumnya lebih rendah dari 15% (Tabel 2).

Hasil analisis tersebut menunjukkan bahwa galur-galur jagung yang digunakan dalam penelitian menunjukan ciri-ciri galur inbred. Namun demikian terbatasnya galur-galur dengan karakteristik yang ada belum dapat memenuhi kebutuhan program pemuliaan untuk mengatasi berbagai masalah peningkatan produksi jagung dewasa ini. Oleh karena itu maka perlu dilakukan upaya meningkatkan keragaman populasi dengan harapan muncul karakter baru yang dapat diseleksi untuk berbagai tujuan program pemuliaan, seperti toleransi terhadap berbagai cekaman biotik dan abiotik, karakter kualitas gisi tertentu, dan lain sebagainya.

Keragaman Populasi M0. Induksi mutasi yang dilakukan dengan iradiasi sinar gamma terhadap benih pada dosis sekitar dosis LD_{50} ternyata menghasilkan tanaman-tanaman yang memiliki karakter berbeda dari tetuanya sehingga meningkatkan keragaman populasi dalam setiap galur. Secara visual keragaman pertumbuhan tanaman akibat iradiasi sinar gamma menjadi lebih besar. Selain tidak berkecambah pada dosis iradiasi tinggi, pada dosis iradiasi sedang (250 – 300 Gy) beberapa tanaman tumbuh juga tidak normal (Gambar 1).

Terjadinya abnormalitas pada populasi yang diiradiasi menunjukkan bahwa telah terjadi perubahan pada tingkat genom, kromosom dan DNA atau gen yang sangat besar sehingga proses fisiologis yang dikendalikan secara genetik di dalam tanaman menjadi tidak normal dan menimbulkan variasi-variasi genetik baru (Soeranto, 2003). Abnormalitas hingga kematian tanaman yang diiradiasi disebabkan oleh terbentuk radikal bebas seperti H^+ , yaitu ion yang sangat labil dalam proses reaksi akibat iradiasi, sehingga banyak menghasilkan benturan ke berbagai arah, yang akibatnya akan membuat perubahan atau mutasi baik di tingkat DNA, tingkat sel, maupun jaringan, bahkan sampai mengakibatkan kematian pada tanaman (Ahnstroem 1977; Datta 2001). Abnormalitas pada generasi M0 secara praktis tidak menguntungkan karena seringkali tidak mampu menghasilkan generasi keturunan lebih lanjut. Mutasi yang diharapkan terjadi adalah mutasi-mutasi kecil seperti mutasi titik (*point mutation*) yang terekspresi dan dapat diseleksi

dengan baik pada sekurang-kurangnya pada M2. Dengan demikian maka karakter baru yang muncul berpeluang lebih stabil, sementara karakter unggul tanaman tetua tetap terekspresi.

Pada generasi M0, iradiasi sinar gamma pada tingkat LD_{50} secara keseluruhan menyebabkan peningkatan keragaman vegetatif tanaman pada 5 mst. Hasil penghitungan nilai koefisien keragaman populasi pada masing-masing galur diperoleh bahwa koefisien keragaman karakter jumlah daun, panjang daun dan lebar daun meningkat antara 30-80%, sedangkan untuk tinggi tanaman meningkat 250-1300%. Peningkatan keragaman karakter vegetatif dan diharapkan terjadi juga pada karakter-karakter lainnya sangat positif karena ada peluang munculnya karakter-karakter baru di dalam populasi dasar yang bermanfaat.

Secara teoritis, mutasi yang terjadi akan bersifat acak ke berbagai kemungkinan. Pada iradiasi terhadap biji, peluang terjadinya mutasi lebih besar pada generasi keturunan menyerbuk sendiri dari biji yang diiradiasi, yaitu pada generasi M1 atau M2. Pada generasi tersebut sudah terjadi segregasi pada lokus-lokus yang mengalami mutasi sehingga peluang munculnya karakter baru akan semakin besar.

KESIMPULAN

Pola respon pertumbuhan awal benih dan radiosensitivitas galur jagung terhadap iradiasi sinar gamma bervariasi antargalur. Nilai LD_{50} galur-galur yang diuji berkisar antara 97 Gy hingga 424 Gy. Keragaman karakter jumlah daun, panjang daun dan lebar daun meningkat antara 30-80%, sedangkan tinggi tanaman meningkat 250-1300% akibat iradiasi pada LD_{50} .

SANWACANA

Terima kasih disampaikan kepada Program Insentif Riset Dasar dari Kementerian Riset dan Teknologi yang telah mendanai seluruh rangkaian penelitian ini; kepada Badan Penelitian Bioteknologi Pertanian dan Genetika atas kontribusi galur-galur murni jagung yang digunakan sebagai tetua; dan kepada P3TIR BATAN atas bantuan dalam perlakuan iradiasi sinar gamma.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahnstroem G. 1977. Radiobiology. In Manual on Mutation Breeding, 2nd edition. Tech. Report Series No.119. Joint FAO/IAEA. Vienna: Div. of Atomic Energy in Food and Agriculture.
- Banerji B.K. and S.K. Datta. 1992. Gamma ray induced flower shape mutation in chrysanthemum cv 'Java'. J. Nuclear Agric. Biol. 21(2): 73-79.
- [BATAN] Badan Tenaga Atom Nasional. 1996. Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi. Jakarta: Subbag. Ilmiah dan Dokumentasi-PAIR.
- BPS. 2005. Statistik Indonesia. Biro Pussat Statistik, Jakarta.
- Datta, S.K.. 2001. Mutation studies on garden chrysanthemum : A review. Scientific Horticulture 7:159-199.
- Duncan R.R., R.M. Waskom, and M.W. Nabors. 1995. In vitro screening and field evaluation of tissue culture-regenerated sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) moench) for soil stress tolerance. Euphytica 85:371-380.
- Edi, S. 2004. Peningkatan Letenggan Terhadap Aluminium dan pH rendah pada Tanaman Padi Melalui Keragaman Somaklonal dan Iradiasi Sinar Gamma. Disertasi. Bogor. Sekolah Pascasarja Institut Pertanian Bogor.
- Finney, D.J. Probit analysis and multivariant. 2005 [Http://www.gseis.ucla.edu/courses/ed231al/notes3/probit.html](http://www.gseis.ucla.edu/courses/ed231al/notes3/probit.html). Diakses 5 Januari 2005.
- Ibrahim, R. 1999. In vitro mutagenesis in roses. Phd Thesis. Aplied Biological Sci. Cell and Gene Biotechnology Fac. Univ Gent, Belgium.
- Micke A and Donini B. 1993. Induced Mutation. In. Hayward MD, Bosemark NO, Romagosa I, editor. Plant Breeding Principles and prospects, Chapman & Hall.
- [P3TIR BATAN] Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Isotop dan Radiasi
- Badan Tenaga Atom Nasional. 2000. Present and future activities of mutation breeding in CRDIRT, Country: Indonesia. FNCA Report. BATAN, Jakarta
- Soeranto H. 2003. Peran iptek nuklir dalam pemuliaan tanaman untuk mendukung industri pertanian. Puslitbang Teknologi Isotop dan Radiasi, Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN), Jakarta
- Soeranto H. (tanpa tahun). Pemuliaan Tanaman Sorgum di P3TIR-BATAN. www.batan.go.id/patir/berita/pertanian/sorgum/sorgum.htm. 10 Juni 2006